



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei"**

Corso di Laurea Triennale in Ottica e Optometria

Tesi di Laurea

**Decentramento della lente sclerale: cause e miglorie**

Relatore: Prof. Chinellato Mirko

Laureando: Cabrel Jacopo

Matricola: 1237130

Anno Accademico 2022/2023



## **Abstract**

Scopo: l'elaborato cerca di individuare le origini principali dell'insorgere del decentramento per quanto riguarda le lenti a contatto sclerali, passando dalle cause anatomiche fino ad arrivare a quelle geometriche. Dopo aver individuato tali cause, questa tesi identifica anche quelle che possono rappresentare delle soluzioni per limitare questa problematica.

Metodo: per la stesura di questo elaborato sono stati confrontati diversi articoli e libri di testo, dai più datati ai più attuali.

Conclusioni: da questa ricerca si evince che le cause del decentramento di una lente sclerale possono avere molteplice origine e soprattutto che con le corrette scelte applicative da parte del professionista e con la costante innovazione tecnologica, riguardante in particolar modo i nuovi design, questa problematica possa essere ridotta notevolmente.



## Indice

1. Storia delle lenti sclerali.....	6
2. Anatomia della sclera.....	7
3. Struttura della lente.....	8
3.1 La zona ottica.....	9
3.2 Zona medio-periferica.....	11
3.3 La zona intermedia.....	12
3.4 La zona d'appoggio.....	13
4. Geometrie.....	15
5. Materiali e ossigenazione .....	16
6. Metodi di applicazione e rimozione della lente.....	18
7. Vantaggi e comfort.....	22
8. Svantaggi e complicanze.....	25
9. Il decentramento.....	27
9.1 Cause anatomiche.....	30
9.2 Cause applicative.....	35
9.3 Cause geometriche.....	39
10. Soluzioni e migliorie per il decentramento.....	42
11. Conclusioni.....	47
Bibliografia.....	49



## 1. Storia delle lenti sclerali

Le lenti sclerali esistono da secoli e sono nate prima di qualsiasi altro tipo di lente a contatto. Infatti, inizialmente sono state concettualizzate da Leonardo Da Vinci all'inizio del sedicesimo secolo, mentre più tardi sono state prodotte per la prima volta in Europa alla fine del diciannovesimo secolo.<sup>4</sup>

Originariamente le prime lenti sclerali erano dei gusci, realizzati in vetro soffiato nel 1887 da Fredrich A. Müller e Albert C. Müller; il loro obiettivo principale era quello di gestire le patologie della superficie oculare.<sup>4</sup> Nel 1889, Adolf Eugen Gaston Fick descrisse l'uso delle lenti sclerali con l'aggiunta di una correzione ottica per una corretta visione, mentre sempre nello stesso anno August Müller progettò una lente sclerale per sé stesso, con lo scopo di correggere le sue 14 diottrie di miopia.<sup>4</sup>

In tutti questi casi però si può affermare che il loro processo di produzione era impegnativo e richiedeva molto tempo. In più iniziavano ad insorgere alcune complicanze a causa della non compatibilità con l'occhio con cui interagivano, quindi successivamente, un ulteriore sviluppo di queste lenti fu rappresentato dall'introduzione del PMMA, ovvero il polimetilmetacrilato, ma anche in questo caso il manifestarsi di alcune complicanze quali edema corneale, per lo più legate alla non trasmissibilità all'ossigeno, portarono ad un temporaneo abbandono di questa tipologia di lenti.<sup>4</sup> Solamente con la diffusione di nuovi materiali rigidi gas permeabili derivati dal CAB (acetato butirato di cellulosa) negli anni 70 ritornò l'interesse per le lenti sclerali, con l'obiettivo di risolvere le problematiche che non potevano essere compensate con le lenti rigide o morbide.<sup>4</sup>

I moderni progressi delle lenti sclerali hanno superato quelle che erano le loro precedenti lacune e c'è quindi da dire che questa tipologia di lenti è riemersa perché rappresenta un progresso in ambito tecnologico e medico per quanto riguarda soggetti con patologie o irregolarità corneali.<sup>4</sup> Negli ultimi anni inoltre c'è stata un'esplosione di innovazioni e nuovi design in tutto il mondo e con materiali moderni, produzione e apparecchiature di scansione avanzate le lenti sclerali rappresentano ora una soluzione nuova che ha subito numerosi progressi rispetto ai primi modelli progettati.<sup>4</sup>

## 2. Anatomia della sclera

La sclera (figura 1) rappresenta la porzione posteriore della tunica esterna, anche detta fibrosa, del bulbo oculare e occupa i 5/6 di tutta quanta la superficie dell'occhio.<sup>2</sup> È una struttura poco elastica, che appare di colore bianco grigiastro ed è inoltre scarsamente vascolarizzata, al contrario dell'episclera, la sua porzione superficiale anteriore.<sup>3</sup>

Essa si estende dal bordo della cornea (dove la giunzione con la sclera è chiamato limbus sclerocorneale) e racchiude

l'intero bulbo; ha un diametro totale di circa 22 mm, ed uno spessore al margine anteriore che varia tra gli 0,4-0,5 mm, mentre la porzione posteriore raggiunge gli 0,1-0,2 mm.<sup>3</sup>

Esternamente è circondata dalla capsula di Tenone, ovverosia una capsula fibrosa, a cui è connessa da lamelle episclerali, mentre internamente è a contatto con la lamina fusca, ovverosia una lamina fibrosa di color bruno che delimita lo spazio pericoroideale: il contatto con la coroide avviene grazie a delle travature e ciò rende possibile una certa mobilità.<sup>2</sup> La sclera presenta poi circa venti fori per il passaggio di vasi e nervi, come le arterie ciliari anteriori, quelle posteriori brevi e lunghe, le quattro vene vorticosi ed infine i nervi ciliari, che successivamente devono raggiungere la coroide.<sup>2</sup> Il foro principale è quello posteriore (localizzato presso il polo posteriore del bulbo)

attraverso il quale passa il nervo ottico, ma successivamente è presente anche il foro sclerale anteriore che è in rapporto con la congiuntiva.<sup>2</sup>

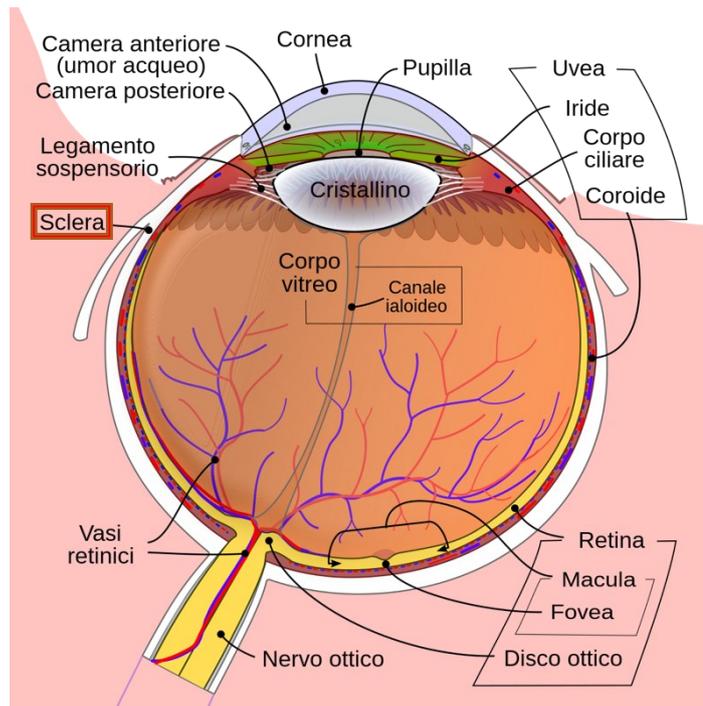


Figura 1: anatomia del bulbo oculare e locazione della sclera  
Schematic diagram of the human eye it - Sclera - Wikipedia.

### 3. Struttura della lente

Le lenti sclerali sono delle lenti caratterizzate da un grande diametro con punto d'appoggio sulla sclera congiuntivale e rappresentano una buona opzione per la correzione della visione in casi di cornee irregolari (più frequentemente per il cheratocono), ma anche in situazioni che non dipendono direttamente dalla geometria oculare, come ad esempio sindrome da occhio secco, opacizzazione corneale meccanica indotta da lac (per il mancato contatto diretto tra lente e superficie corneale), ametropie molto elevate (soprattutto nei casi in cui non vengono compensate efficacemente da altri sistemi di compensazione o quando in questi il comfort è ridotto), eccessiva tensione palpebrale ecc.<sup>5</sup>

Inizialmente è importante classificare le diverse tipologie di lenti in relazione al loro diametro:

- Corneo-sclerali,  $\varnothing$  da 12,9 mm a 13,5 mm
- Semi-sclerali,  $\varnothing$  da 13,6 mm a 14,9 mm
- Mini-sclerali,  $\varnothing$  da 15 mm a 18mm
- Sclerali,  $\varnothing$  da 18,1 mm a 24 mm e oltre.<sup>5</sup>

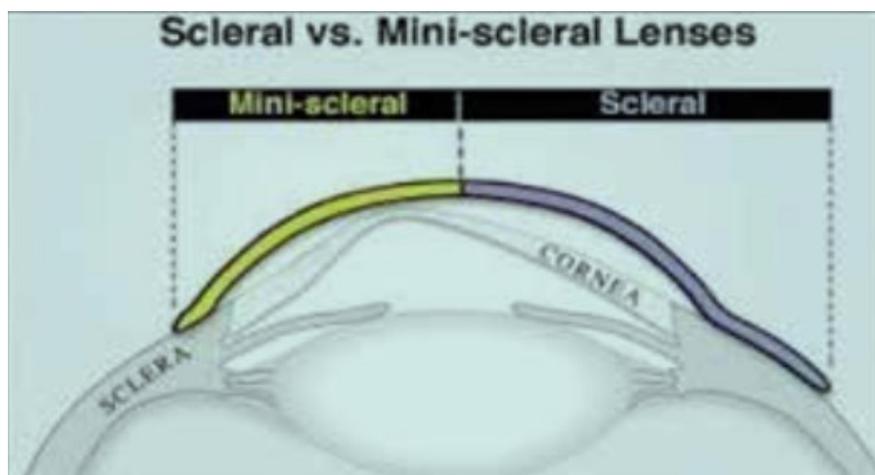


Figura 2: differenza tra una lente sclerale e una lente mini-sclerale (Boston foundation for sight, 2012)

Di recente però si è trovata la necessità di diversificare la classificazione di queste diverse tipologie di lenti, non soltanto in base al loro diametro ma anche in relazione agli occhi del soggetto nella quale sono applicate.<sup>1</sup> Infatti, quelle che possono essere

considerate ad esempio delle mini-sclerali su un occhio che presenta un grande diametro, possono non essere considerate mini-sclerali su un altro occhio che presenta un diametro corneale minore.<sup>1</sup>

Per questo motivo quindi la Scleral Lens Education Society ha deciso di apportare alcuni cambiamenti alla vecchia classificazione ormai diffusa: si considerano ora lenti mini-sclerali se sono 6 mm più ampie del diametro corneale in questione, mentre sono considerate lenti sclerali se il loro diametro supera i 6 mm precedenti.<sup>1,7</sup>

Successivamente, possiamo suddividere la lente in quattro zone geometricamente parlando, come mostrato in figura 3.<sup>1</sup>

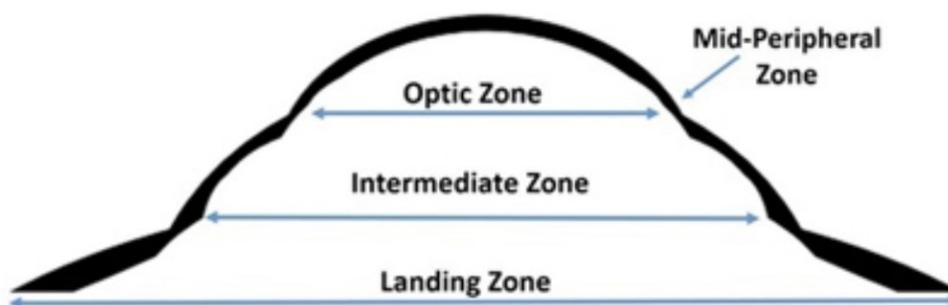


Figura 3: suddivisione zone lenti sclerali<sup>1</sup>

### 3.1 La zona ottica

La porzione centrale della lente è rappresentata dalla zona ottica che agisce come sistema ottico determinando l'effetto ottico desiderato.<sup>1</sup> Questa zona comprende raggio anteriore, raggio posteriore, diametro anteriore e diametro posteriore, mentre un parametro aggiuntivo è descritto dall'altezza sagittale o dalla profondità sagittale.<sup>1</sup> Altezza e profondità sagittale rappresentano la stessa misura ma con direzione diversa (figura 4) e sono definiti nell'ISO come la distanza massima da una corda, che è perpendicolare all'asse di rotazione di una superficie, alla superficie curva.<sup>1</sup>

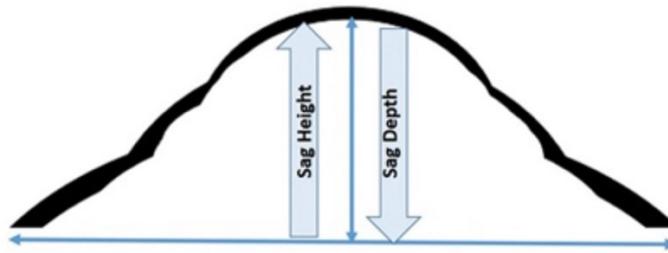


Figura 4: altezza (height) e profondità (depth) sagittale di una lente sclerale<sup>1</sup>

La superficie ottica anteriore può essere sferica o asferica.<sup>6</sup> Se la lente è ben centrata, allora le superfici asferiche possono ridurre alcune aberrazioni dell'occhio medio.<sup>6</sup> Per quanto riguarda invece il profilo della superficie posteriore della zona ottica si può dire che idealmente dovrebbe seguire il profilo della cornea e a tal fine vanno scelti raggi di curvatura più piatti o più stretti in modo da garantire la corneo-conformità.<sup>6</sup>

A differenza delle lenti corneali gas-permeabili, la superficie posteriore della zona ottica della lente sclerale non poggia sulla cornea e questo fattore contribuisce alla formazione di un serbatoio lacrimale tra lente e cornea che permette di mantenere costantemente idratato il tessuto (specie nei casi di occhio secco), ma anche di conferire un notevole sostegno dal punto di vista ottico in casi di forti ectasie corneali.<sup>8</sup>

Infine, le stesse regole che si applicano per il calcolo del menisco lacrimale nelle lenti corneali possono essere utilizzate anche nel caso delle lenti sclerali: il menisco può essere calcolato considerando per ogni 0,10 mm di differenza fra il raggio della cornea e quello della lente un potere di 0,50 D.<sup>6</sup> Inoltre, ogni aumento di 100 micron di altezza sagittale conferisce circa 0,12 D al potere totale del sistema, tuttavia in cornee estremamente irregolari, queste regole teoriche potrebbero mancare di precisione.<sup>6</sup>

### 3.2 La zona medio-periferica

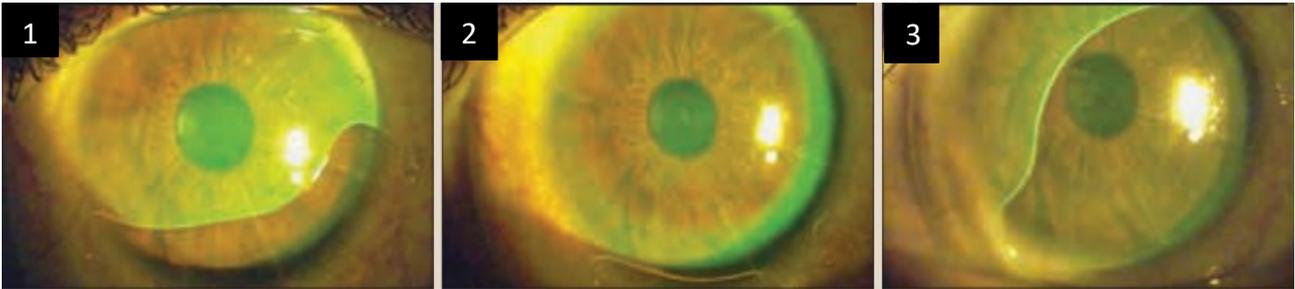
La zona medio-periferica è una zona della lente sclerale posta tra la zona ottica e la zona di transizione e ha come funzione il controllo della clearance della media periferica.<sup>1</sup> Alcune tipologie di design però non comprendono questa zona poiché l'aumento o la riduzione della clearance in questi casi viene effettuato tramite modificazioni del raggio base.<sup>1</sup>

Questa zona può poi essere caratterizzata dalla presenza di fenestrazioni, ovverosia piccoli fori che possono essere sia fatti a mano e sia "pre-fabbricati".<sup>1</sup> Le fenestrazioni non sono di comune utilizzo nella pratica di lenti sclerali; tuttavia, molti applicatori ne fanno un gran utilizzo sfruttando la loro capacità di aumentare l'ossigenazione alla cornea.<sup>1</sup> Inoltre, possono anche rappresentare una soluzione per quanto riguarda alcune problematiche, come ad esempio appannamento, instabilità della lente, compressione congiuntivale e instabilità della pressione intraoculare.<sup>6,10</sup>

Ciononostante, inevitabilmente questi fori vanno a generare delle bolle (figura 5) che però possono esser limitate in termini di dimensioni, regolandone la misura.<sup>1</sup>



*Figura 5: esempio di lente sclerale con tre fenestrazioni che formano delle bolle nella zona medio-periferica<sup>1</sup>*



*Figura 6: (1): applicazione di una lente fenestrata piatta; (2) applicazione di una lente fenestrata ideale; (3) applicazione di una lente fenestrata stretta.<sup>6</sup>*

### **3.3 La zona intermedia**

La zona intermedia rappresenta la porzione di lente che collega la zona corneale (ottica e medio-periferica) alla zona sclerale, di atterraggio.<sup>1</sup> Le modificazioni che possono essere fatte per quanto riguarda i parametri di curvatura di questa zona possono andare a regolare la profondità del serbatoio lacrimale nella zona corneale e del limbus.<sup>13</sup>

Inoltre, la gestione di questa zona è risultata molto efficace nel controllo di casi di topografie periferiche impegnative o di condizioni come la cheratoplastica, la degenerazione nodulare periferica di Salzmann, la degenerazione marginale pellucida e altre irregolarità della cornea.<sup>1</sup>

### 3.4 La zona d'appoggio

La zona d'appoggio, anche chiamata zona aptica (dal greco "apto", che significa "tocco") rappresenta la regione più periferica ed è senza dubbio una delle aree più importanti delle lenti sclerali in quanto è grazie ad essa che avviene il contatto con la superficie oculare.<sup>6</sup>

Questa tipologia di lenti in verità appoggia sulla congiuntiva; tuttavia, per una migliore vestibilità della lente, la forma della zona di appoggio dovrebbe essere la più simile e la più allineata possibile con la superficie sclerale complessiva, anche per distribuire in maniera uniforme la pressione esercitata nella zona d'appoggio.<sup>1,6</sup>

Per quanto riguarda la progettazione del design di questa zona, essa può essere complessa a causa della asfericità e della asimmetria della superficie oculare, compresa l'area della sclera.<sup>1</sup> Una conferma di ciò può essere data da uno studio condotto da Ritzmann e Patrick J Caroline, realizzato su 78 occhi normali di 39 soggetti (nel 2015)<sup>11</sup>. Lo scopo di questo studio era quello di valutare la forma della sclera anteriore misurando l'altezza sagittale e gli angoli di transizione corneosclerali nei quattro segmenti cardinali e ciò, come affermato in precedenza, ha confermato la toricità sclerale.<sup>11</sup> Uno dei fattori che influenza la forma della sclera riguarda l'orientamento delle intersezioni dei muscoli retti. Infatti, quello mediale e quello inferiore sono molto più ravvicinati rispetto ai restanti due (figura 7).<sup>11</sup>

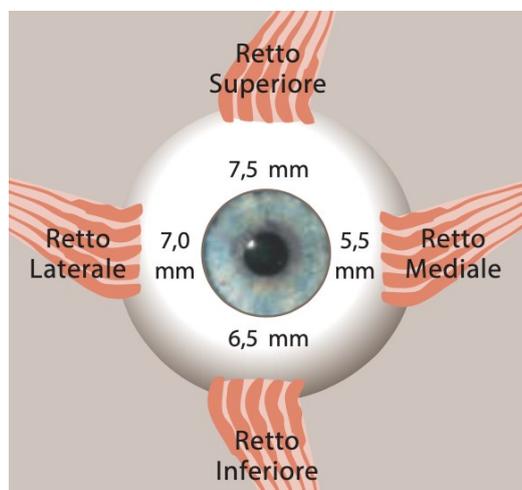


Figura 7: intersezione dei muscoli retti e le loro distanze medie.<sup>6</sup>

Proprio per questo motivo un grande aiuto può essere dato da un'attenta valutazione tramite la topografia e la profilometria sclerale al fine di far appoggiare il meglio possibile questa zona alla superficie sclerale e di massimizzare il centraggio.<sup>1</sup>

## 4. Geometrie

L'utilizzo delle lenti sclerali è aumentato anche grazie alle varie geometrie specialistiche disponibili all'applicatore.<sup>6</sup> Sono infatti accessibili oggi a quest'ultimo diverse opzioni geometriche, con la possibilità di scegliere lenti sclerali con una superficie torica anteriore, posteriore o bitorica.<sup>6</sup>

Il toro interno interessa solamente la zona d'appoggio della lente, mentre quella centrale non viene presa in considerazione, a differenza del toro esterno dove la toricità della lente include solamente la zona ottica.<sup>6</sup>

Anche a livello di funzione e necessità di utilizzo si differenziano queste due tipologie di geometrie: il toro interno infatti contribuisce a respingere la formazione di bolle d'aria sotto la lente e collabora inoltre a conferire maggior stabilità alla lente consentendone un tempo d'utilizzo più lungo e un comfort superiore mentre per quanto riguarda il toro esterno, esso è impiegato nei casi in cui la sovrarefrazione non risulti sferica, ovvero sia quando è necessario aggiungere al potere della lente un residuo cilindrico.<sup>1,6,15</sup>

Nel caso in cui si ha la combinazione della superficie torica anteriore insieme alla superficie torica posteriore, si dà origine ad una geometria bitorica che unisce le caratteristiche applicative del toro interno (sulla zona d'appoggio) con i benefici sulla visione del toro esterno (sulla zona ottica della lente sclerale).<sup>6</sup>

Infine, recentemente è stata proposta una geometria differente per le lenti sclerali, ovvero sia quella bifocale o multifocale, utilizzata ad esempio per il trattamento della presbiopia o nel caso di un'insufficienza accomodativa.<sup>6</sup> Molto probabilmente questa tipologia di lenti è maggiormente adatta in soggetti privi di irregolarità corneali, ma non vanno escluse a priori per le altre condizioni.<sup>6</sup> Questa geometria rientra inoltre nella classificazione di lenti bifocali "a visione simultanea", in cui le due immagini si formano contemporaneamente sulla retina e rispetto alle RGP corneali bifocali a visione simultanea possiedono un vantaggio: sono maggiormente stabili sull'occhio e le zone concentriche risultano meglio centrate sulla cornea e davanti al diametro pupillare.<sup>6</sup>

## 5. Materiali e ossigenazione

L'evoluzione dei materiali delle lenti sclerali, come discusso nel capitolo 1, è partita dal PMMA con una permeabilità all'ossigeno pari a zero, fino ad arrivare ai giorni nostri in cui vengono utilizzati i comuni materiali delle lenti a contatto RGP corneali che offrono maggiori vantaggi rispetto a quelli delle lenti morbide, in quanto presentano una qualità ottica superiore e possono anche arrivare a valori di Dk molto elevati.<sup>6</sup> Un'altra "fonte" di ossigeno, oltre ai materiali, può essere rappresentata dal passaggio di lacrime sotto la lente che, se presenti, possono integrare la richiesta della cornea; un contributo per tale apporto di ossigeno è reso possibile anche dai vasi congiuntivali e limbari che contribuiscono ad aumentare la quantità di ossigeno nel liquido lacrimale sotto la lente.<sup>6</sup> Un metodo alternativo per aumentare l'ossigenazione della cornea durante l'utilizzo di lenti sclerali, trattato anche nel capitolo 3.2, è l'impiego di fenestrazioni che oltre a questa funzione possono anche limitare la suzione della lente, ma che però possono portare alla formazione di bolle d'aria.<sup>6,10</sup>

I materiali maggiormente permeabili all'ossigeno (con  $Dk \geq 100$ ), oltre all'aumento della permeabilità all'O<sub>2</sub>, determinano anche una minor adesione batterica all'epitelio corneale dopo l'uso notturno delle lenti e possono inoltre ridurre la possibilità di riscontrare problematiche riguardanti l'ipossia, a differenza delle lenti con materiali a basso Dk.<sup>14</sup>

Un fattore da non tralasciare però, per quanto riguarda le lenti sclerali è sicuramente rappresentato dal loro spessore, che rispetto alle normali RGP corneali risulta più spesso (compreso tra gli 0,4 e gli 0,6 mm), e ciò, può ridurre drasticamente il dk/t della lente.<sup>6</sup> Nonostante ciò, lo spessore delle lenti sclerali non deve risultare nemmeno troppo sottile, in quanto deve essere sufficientemente spesso per evitare la deformazione della lente causata dalla manipolazione che potrebbe portare a problemi di visione.<sup>6</sup>

Alcuni materiali come il Boston XO e il Boston XO II infine, per un aumento del comfort durante l'utilizzo delle lenti, vengono sottoposti ad un trattamento detto "al plasma", che ne incrementa anche la bagnabilità.<sup>1,6</sup> Infatti, tale trattamento viene

adoperato per rendere le superfici poco bagnabili maggiormente idrofiliche, e a tal proposito migliorare la stabilità del film lacrimale diminuendo a sua volta il fastidio associato durante l'utilizzo delle lenti.<sup>1,6</sup>

## 6. Metodi di applicazione e rimozione della lente

Uno dei limiti principali delle lenti sclerali riguarda sicuramente i loro metodi di applicazione nella superficie oculare, che a differenza delle più comuni lenti a contatto morbide oppure RGP, possono risultare più difficoltosi e possono richiedere più tempo.<sup>1</sup>

Per i portatori di lenti sclerali affetti da irregolarità della cornea il ripristino visivo è l'obiettivo principale delle lenti che indossano e sono abbastanza motivati al successo applicativo di rimozione e di manipolazione della loro lente.<sup>1</sup> Tuttavia, per quanto riguarda i soggetti che presentano una superficie corneale che rientra nella norma e che quindi ricorrono all'utilizzo delle lenti sclerali per compensare un difetto refrattivo regolare oppure perché non tollerano le altre tipologie di lenti a contatto, il processo applicativo e gestionale della lente sclerale può rappresentare una vera e propria barriera significativa durante il loro utilizzo.<sup>1</sup>

I metodi principali per applicare una lente sclerale sono sostanzialmente tre: quello del cosiddetto "treppiede", che non prevede l'utilizzo di particolari dispositivi ma bensì solamente di tre dita (comunemente pollice, indice e medio); utilizzando una ventosa di grande diametro, dove sull'apposita concavità si appoggia la lente in questione; e infine utilizzando una ventosa forata, che si contraddistingue dalla precedente perché presenta la peculiarità di essere stata tagliata sul fondo, consentendo al soggetto di vedere la luce passare sul fondo in modo tale da migliorare il centraggio della lente.<sup>1,12</sup>



*Figura 8: esempio di come si dovrebbe sostenere una lente sclerale nel metodo del "treppiede".* Bennett M., *Contemporary scleral lenses: theory and application*, 2017.



*Figura 9: esempio di una ventosa forata.* <https://www.mydao.it/lenti-a-contatto/accessori-per-l.a.c./accessori-per-l.a.c./ventose-sclerali-2-fori/>



*Figura 10: esempio di una ventosa a grande diametro, utilizzata per l'applicazione di lac sclerali.<sup>1</sup>*

In tutte e tre le metodologie la dinamica applicativa è la stessa mentre l'obiettivo comune di questi tre procedimenti è sicuramente quello di evitare la formazione di bolle d'aria sotto la lente, il che rappresenta una delle difficoltà maggiori riscontrabili nell'applicazione delle lenti sclerali.<sup>6,12</sup>

Il processo di applicazione può essere riassunto in sette passi principali:

1. Prima che la lente sclerale venga applicata, è bene che il viso del portatore sia parallelo ad un piano orizzontale, come ad esempio un tavolo, dove uno specchio può essere d'aiuto;
2. Un ulteriore passo da eseguire prima dell'applicazione è quello di riempire la concavità della lente con del liquido; generalmente si tratta di una soluzione salina non conservata, anche se negli Stati Uniti d'America non è stata ancora approvata dalla FDA (Food and Drug Administration);
3. Per supportare la lente prima dell'inserimento utilizzare pollice, indice e medio oppure uno dei due tipi di supporti citati precedentemente;
4. Con la mano opposta sollevare la palpebra superiore e far scorrere il bordo della lente sotto di essa;
5. Mantenere la lente in quella determinata posizione e successivamente abbassare anche la palpebra inferiore;
6. Posizionare la lente sulla superficie dell'occhio (è possibile che in questa fase ci sia una fuoriuscita del liquido contenuto nella lente) e successivamente lasciare andare la palpebra inferiore; così facendo la palpebra potrà scorrere sulla parte inferiore della lente garantendo un posizionamento stabile;
7. A questo punto può essere rilasciata anche la palpebra superiore e può essere rimossa la ventosa (se è stata utilizzata).<sup>1,6</sup>

Oltre ad evitare la formazione di bolle d'aria sotto la lente, l'obiettivo principale del processo applicativo di una lente sclerale è far sì che il suo posizionamento risulti perfettamente centrato alla cornea.<sup>1</sup>

Infine, per quanto riguarda la procedura per la rimozione della lente, anch'essa può essere riassunta in pochi semplici passi; per il metodo senza ventosa infatti:

1. Al portatore viene chiesto di guardare leggermente verso il basso;
2. Si tiene ferma la lente con la palpebra superiore, mentre quella inferiore si posiziona al di sotto, innalzandola. A questo punto la lente uscirà.<sup>6</sup>

Se questo processo risulta poco efficace si può sempre ricorrere all'utilizzo di una ventosa (figura 11):

1. Posizionarla nella metà inferiore della lente;
2. Una volta che la lente ha aderito alla superficie della lente, spostare quest'ultima verso l'esterno e verso l'alto per facilitarne la rimozione;
3. Sollevare il bordo lente dall'occhio.<sup>6</sup>



*Figura 11: esempio della rimozione della lente sclerale tramite l'utilizzo di una ventosa. Bennett M., Contemporary scleral lenses: theory and application, 2017.*

## 7. Vantaggi e comfort

Uno dei fattori che rende le lenti sclerali più vantaggiose rispetto alle altre tipologie di lenti a contatto è sicuramente rappresentato dalla loro capacità di essere quasi indipendenti da qualsiasi forma di irregolarità corneale.<sup>8</sup> Infatti, questa tipologia di lenti è stata adottata maggiormente nel trattamento di ectasie corneali (53% dei casi), di patologie della superficie oculare (18%) e di cheratoplastica post-penetrante (17%).<sup>17,18,19</sup> Allo stesso tempo, durante il loro porto, ciò che le distingue dalle altre lenti a contatto è indiscutibilmente la loro impercettibilità.<sup>8</sup> Esse possiedono infatti un alto livello di comfort perché la superficie sclerale su cui poggiano è molto meno sensibile rispetto al tessuto corneale, dove l'innervazione sensitiva è molto più alta.<sup>8</sup> Per questo motivo infatti, durante l'utilizzo delle lenti RGP corneali è spesso riscontrabile una sensazione di discomfort dovuta principalmente a causa dell'alta sensibilità corneale, ma anche al fatto che questa tipologia di lenti abbia una notevole interazione con le palpebre durante l'ammiccamento, al contrario delle lenti sclerali dove questa interazione è minima.<sup>1</sup>

Anche in termini di acuità visiva le lenti sclerali presentano dei vantaggi, infatti tramite l'utilizzo di queste lenti si ha un incremento di essa (rispetto ad esempio alle lenti a contatto morbide) perché, come affermato nel capitolo 5, sono prodotte con gli stessi materiali delle lenti rigide gas-permeabili, il che rende la loro qualità ottica superiore rispetto ad esempio alle lenti a contatto morbide.<sup>1</sup> Inoltre, la loro zona ottica risulta più grande rispetto a qualsiasi altra tipologia di lenti e questa loro peculiarità garantisce una riduzione della formazione di aloni che potrebbero alterare la qualità della visione, soprattutto per i soggetti con un diametro pupillare maggiore rispetto alla norma.<sup>1</sup>

A seguire non si può non menzionare una delle caratteristiche che ha reso le lenti sclerali significative nel mondo della contattologia, ovvero la presenza del cosiddetto "serbatoio lacrimale", che come è già stato affermato in parte nel capitolo 3.1, è uno strato formato dal riempimento di soluzione salina non conservata nella concavità della lente prima dell'applicazione, il cui spessore varia comunemente dai 200  $\mu\text{m}$  ai 400  $\mu\text{m}$ .<sup>16</sup> Questo strato è spesso considerato benefico nei confronti della

cornea in quanto la mantiene idratata costantemente giovando soprattutto nei soggetti che precedentemente hanno subito dei danni al tessuto corneale: il serbatoio lacrimale contribuisce infatti a far sì che la formazione di cicatrici non sia esacerbata, in quanto non si ha contatto diretto tra superficie posteriore della lente e cornea;<sup>8</sup> inoltre può essere anche considerato come una barriera protettiva nei confronti dell'ambiente esterno, senza dimenticare che un ulteriore contributo a livello visivo è dato dal fatto che rende regolare la superficie corneale anteriore contribuendo, di conseguenza, alla neutralizzazione delle aberrazioni di ordine superiore (figura 12), che possono essere presenti nei pazienti che presentano delle irregolarità corneali.<sup>16</sup>

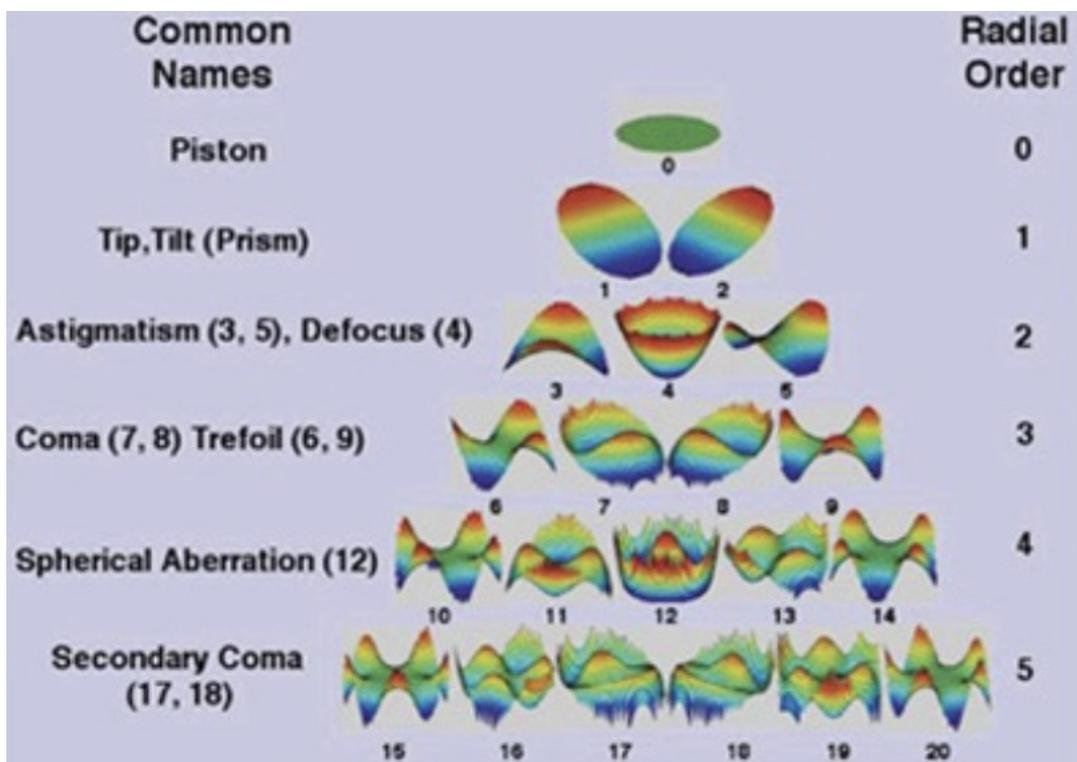


Figura 12: aberrazioni di ordine superiore. Contact Lens Spectrum, novembre 2008.

Infine, un'ultima caratteristica favorevole all'uso di lenti sclerali da aggregare alle precedenti è sicuramente riconducibile al fatto che esse forniscono un centraggio migliore e una maggiore stabilità rispetto a qualsiasi altro tipo di lente a contatto,

aumentando così in alcuni casi la qualità della visione e limitando la problematica del decentramento, tema che ritrae il fulcro di questo elaborato.<sup>8</sup>

## 8. Svantaggi e complicanze

Dal lato opposto, le lenti sclerali presentano anche degli svantaggi che rendono la loro convenienza limitata. Si può affermare innanzitutto che negli ultimi anni la loro disponibilità è aumentata ma rimangono comunque degli ostacoli, come ad esempio il loro costo, che risulta molto più elevato rispetto ad esempio alle RGP corneali, considerando la progettazione della lente in sé e il prezzo delle visite che hanno come obiettivo quello di rendere il processo applicativo più efficace possibile.<sup>8</sup> Infatti, l'optometrista che progetta e applica questa tipologia di lenti richiede una formazione speciale e tutta quanta la procedura applicativa e di adattamento richiede molto tempo e molte visite.<sup>8</sup>

Altri fattori limitanti sono espressi da alcune complicanze che possono insorgere durante l'utilizzo di queste lenti. Per esempio, il cosiddetto "appannamento di mezzogiorno" può essere una di queste. Questa condizione deriva dall'intorbidimento del serbatoio lacrimale che causa una distorsione della visione e appannamento e questa è una delle situazioni più comuni che possono verificarsi durante l'utilizzo di lenti sclerali; infatti, si stima che approssimativamente dal 20% al 33% di portatori di questo tipo di lenti ha vissuto esperienze con questa condizione.<sup>20</sup> La presenza di lipidi lacrimali e di molecole infiammatorie lacrimali sono le cause principali del verificarsi dell'appannamento e ciò, per il portatore, rappresenta un vero e proprio limite anche perché per risolvere questa problematica si deve procedere con la rimozione delle lenti, la loro pulizia, il nuovo riempimento di soluzione salina non conservata nella lente e infine la riapplicazione della lente stessa rendendo necessario al soggetto in questione il fatto di dover avere sempre a portata i prodotti per la manutenzione ovunque esso sia durante il giorno.<sup>20,21,22</sup>

In termini di complicanze infettive e non infettive si può riportare uno studio eseguito da Schornack e colleghi, che hanno stimato la frequenza con la quale possono insorgere queste complicanze nei portatori di lenti sclerali.<sup>23</sup> Essi hanno infatti determinato che nel 0,45%, 0,28%, 0,17% e 0,10% dei portatori si possono sviluppare rispettivamente edema corneale, neovascolarizzazione corneale, cheratopatia tossica e formazione di bolle.<sup>23</sup> Similmente, lo stesso studio includeva

anche le complicanze a livello della congiuntiva, ed è stata determinata una frequenza dello 0,16%, 0,02% e 0,01% dello sviluppo rispettivamente di congiuntivite gigante-papillare, congiuntivocalasi e iperemia.<sup>23</sup>

Di seguito possono insorgere anche delle complicanze correlate alla scarsa trasmissibilità di ossigeno della lente. Queste possono manifestarsi con uno stato di ipossia della cornea oppure con edema sempre riguardante quest'ultima.<sup>23</sup> In questo caso però la risoluzione di queste problematiche dipende principalmente dalle scelte che andrà ad eseguire l'applicatore; infatti, scegliere dei materiali che presentano un dk/t elevato, ridurre lo spessore della lente, evitare il contatto corneale e infine una corretta scelta del diametro, sono tutti elementi che possono influenzare la permeabilità all'ossigeno della lente sclerale e che dipendono dalle scelte del professionista.<sup>23</sup> Secondo uno studio recente di Stephen J Vincent del 2016 infatti, è stato valutato che su 15 portatori di una moderna lente a contatto mini-sclerale, dopo circa otto ore di utilizzo, non è stato riscontrato alcun edema corneale clinicamente significativo e nessuna variazione di curvatura corneale, il che fa percepire che con l'avvento di nuove tecnologie future per quanto riguarda materiali e design, queste tipologie di complicanze potrebbero diventare via via sempre più rare.<sup>24</sup>

Infine, per ultime, ma non per importanza, vanno decisamente ricordate quelle complicanze che sorgono a causa di un cattivo adattamento della lente sclerale nella superficie oculare del portatore. Queste problematiche riguardano il prolasso congiuntivale, la difficoltà di adattamento della zona d'appoggio (che può risultare o troppo piatta o troppo stretta), il bearing corneale (ovverosia il deterioramento dell'area corneale) e il decentramento della lente.<sup>23</sup> Quest'ultima verrà approfondita meglio nel capitolo successivo.

## 9. Il decentramento

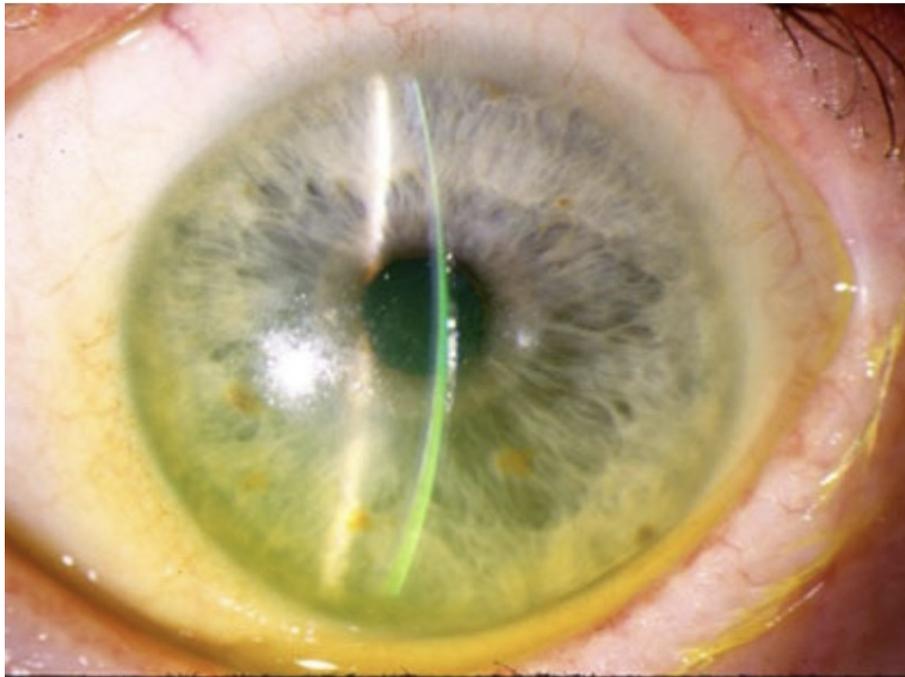
Come visto nel capitolo 7, una delle più significative qualità che rappresentano le lenti sclerali è data dalla loro maggiore stabilità e dalla loro tendenza a decentrarsi meno rispetto alle altre tipologie di lenti a contatto; infatti, anche da parte del professionista che le progetta il movimento volontario che viene associato ad esse è veramente basso.<sup>1</sup> In questo contesto è importante ricordare che questa tipologia di lenti è rappresentata da delle zone ottiche di grandi dimensioni e ciò contribuisce a renderle più efficaci nel miglioramento delle funzioni visive in caso la lente si decentrasse.<sup>6</sup>

Quest'ultimo è un fattore che potrebbe rendere secondaria e di minor importanza la problematica del decentramento; eppure, nelle lenti sclerali il decentramento può comunque essere presente nei portatori e può manifestarsi con degli effetti fisici e visivi che potrebbero risultare fastidiosi e rendere le lenti in questione meno confortevoli, soprattutto se si tratta di lenti sclerali multifocali.<sup>1</sup>

Come affermato precedentemente, le lenti sclerali non si muovono, o se si muovono lo fanno in maniera molto limitata e questo leggero movimento da parte della lente lo si può verificare esercitando una leggera pressione su di essa con il metodo del push-up.<sup>6</sup> In caso questo movimento risultasse obiettivamente eccessivo, allora si potrebbe andare incontro ad un aumento del decentramento della lente e anche alle complicazioni fisiche e visive accennate in precedenza.<sup>6</sup>

Infatti, la particolarità di una lente sclerale decentrata, che rende questo tipo di situazioni completamente diverse rispetto al caso di una lac morbida o RGP, sta nel fatto che non solo induce un decentramento della zona ottica, ma sposta anche una grande quantità di liquido sull'occhio, perché non bisogna dimenticare che sotto di essa è presente il cosiddetto "serbatoio lacrimale", descritto nel capitolo 3.1.<sup>9</sup> Le lenti sclerali che si decentrano inferiormente e temporalmente, ovvero sia la tipologia di decentramento più comune per un insieme di cause che vedremo successivamente, introducono al portatore un effetto prismatico a base bassa (figura 13) e lo spostamento del centro di curvatura rispetto all'asse visivo (in centimetri) moltiplicato per il potere della superficie ne determina il potere prismatico.<sup>9</sup> Questi effetti

prismatici possono essere risolti e ridotti al minimo quando la lente sclerale in questione sarà quasi corneoconforme.<sup>9</sup>



*Figura 13: lente sclerale inferiormente decentrata che forma un prisma lacrimale a base bassa post lente, Contemporary scleral lenses: theory and application, 2017.*

Questa tipologia di decentramento in un soggetto che fa uso di lente sclerale in un solo occhio, può portare alla percezione di una diplopia verticale che può essere risolta tramite delle modificazioni del design della lente per migliorarne il centraggio.<sup>1</sup> Tuttavia, ci possono essere dei soggetti che possiedono un sistema di vergenza molto fragile e quindi nonostante il perfezionamento del design e di conseguenza del centraggio della lente, questa percezione della diplopia può persistere.<sup>1</sup> In questi casi la correzione prismatica può essere data da un occhiale utilizzato contemporaneamente alla lente sclerale, oppure può anche essere “incorporata” alla lente stessa tramite alcuni particolari design.<sup>1</sup>

Oltre a questi effetti prismatici non desiderati, il decentramento infero-temporale della lente sclerale è spesso accompagnato da una certa inclinazione della lente, più comunemente nota come “tilt” e soprattutto dallo spostamento del centro ottico della

lente dall'asse visivo dell'occhio che può indurre anche ad aberrazioni di ordine superiore, come aberrazione sferica, coma e astigmatismo, che non vengono neutralizzate dal serbatoio lacrimale.<sup>1,29</sup> Questi ultimi fattori possono andare ad alterare la qualità della visione del portatore, ma non per questo le lenti sclerali sono da definirsi otticamente inferiori rispetto a quelle corneali.<sup>25</sup>



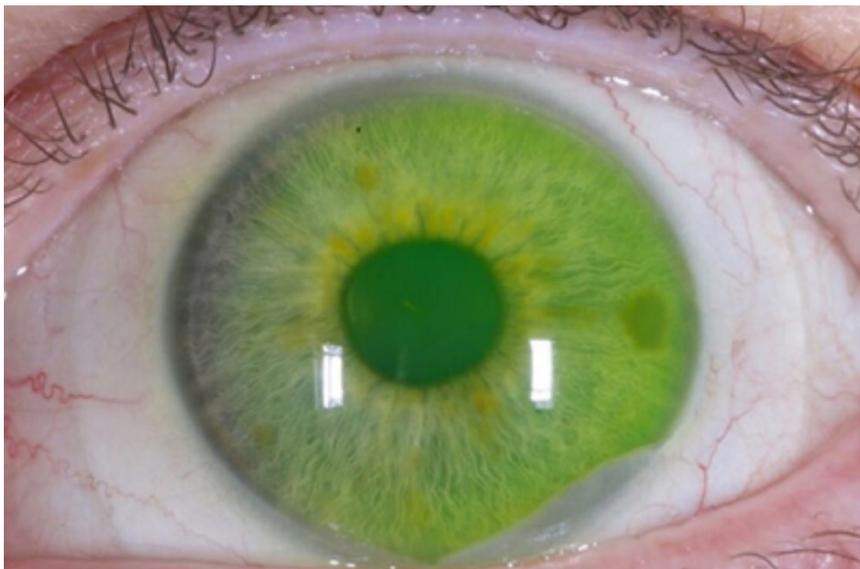
*Figura 14: esempio di una lente sclerale destra che risulta lievemente decentrata temporalmente, Contemporary scleral lenses: theory and application, 2017.*

Infine, un ulteriore effetto negativo del decentramento inferiore-temporale di una lente sclerale e la presenza quindi di una clearance limbare asimmetrica, è la possibilità che la congiuntiva venga trascinata al di sotto di essa; in tal caso si parla di prolasso congiuntivale.<sup>1</sup>

I principali casi indirizzati a subire questo fenomeno sono due: in primis i portatori di lenti che dimostrano una clearance inferiore o periferica eccessiva che va a creare uno spazio all'interno della lente, nella quale può essere spostata la congiuntiva; in

secondo luogo, si può affermare che anche i soggetti che presentano un'eccessiva mucosa congiuntivale o anche congiuntivocalasi, sono particolarmente inclini a questo fenomeno.<sup>1</sup>

La soluzione che può migliorare questa complicanza è rappresentata da una scelta di geometria che faccia in modo che la lente sia più allineata possibile alla superficie limbare e corneale, in modo tale che si possa ridurre l'eccessiva clearance e lo spazio all'interno della quale può entrare la congiuntiva.<sup>1</sup>



*Figura 15: esempio di un prolasso congiuntivale inferiore, Contemporary scleral lenses: theory and application, 2017.*

Come ogni problematica, anche il decentramento di una lente sclerale possiede delle cause multifattoriali, che verranno illustrate a seguire.

## **9.1 Cause anatomiche**

La prima causa che può essere responsabile di un movimento che può quindi portare al decentramento di una lente sclerale è correlata all'anatomia della sclera e dei muscoli oculari.<sup>6</sup>

Inizialmente, possiamo affermare che un ruolo importante in questo contesto è rappresentato dai muscoli del bulbo oculare.<sup>6</sup> Infatti, il muscolo retto laterale “avvolge” interamente il globo oculare e resta attaccato ad esso indipendentemente dai suoi movimenti verso il naso, al contrario invece del muscolo retto mediale che con il movimento nasale dell’occhio si stacca dal globo nonostante la sua posizione più anteriore di inserzione sul bulbo oculare.<sup>6</sup>

Ciò significa quindi che la porzione nasale della sclera risulta “più piatta” rispetto a quella temporale; si può dire quindi che dal punto di vista altimetrico, è presente una disomogeneità di forma<sup>6,26</sup>



Figura 16: profilometria del profilo limbare e sclerale eseguita tramite il topografo Maastricht Shape (fino a 18 mm), di John De Brabander - *Clinical Manual of Contact Lenses*, Bennet e Henry, 2019.

Come si può notare dalla Figura 16, oltre ad essere più piatta, la porzione nasale risulta anche più alta rispetto a quella temporale e questa componente anatomica con delle lenti sclerali di grande diametro potrebbe sicuramente portare ad un movimento laterale della lente sulla superficie oculare e ad un leggero sollevamento di essa.<sup>26</sup>

Arrivati a questo punto, un'altra considerazione rilevante è data dal fatto che al di fuori del limbus l'area limbare e la prima parte della sclera sono sempre state considerate di forma curva, però questo non è sempre vero.<sup>6</sup> Infatti, sembra che in alcuni casi la cornea periferica si colleghi alla superficie sclerale attraverso una linea retta che rappresenta appunto una continuità tangenziale.<sup>6</sup> Questa caratteristica anatomica è stata verificata anche dalla profilometria eseguita tramite il prototipo di topografo sviluppato a Maastricht nel 2009 da Eef Van der Worp (che permette la valutazione della zona limbare e parte di quella sclerale fino ad un diametro di 18 mm) e ciò lo si può percepire proprio dalla Figura 16 mostrata in precedenza.<sup>6</sup> Un'ulteriore conferma di ciò è data da uno studio eseguito dall' oculista svizzero Daniel Meier che descrisse diversi profili di transizione dalla cornea alla sclera, distinguendone cinque tipologie differenti (Figura 17).

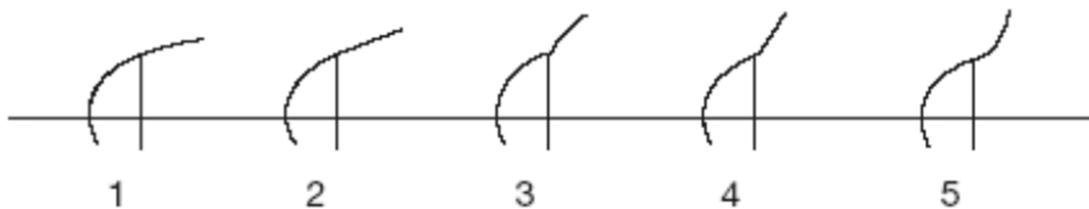


Figura 17: i cinque profili di transizione differenti tra cornea e sclera individuati da Meier, *Die Kontaktlinse* (1992).

Lo scopo di questo studio era quello di identificare la frequenza con cui i diversi profili sono stati distinti nella popolazione mondiale e i risultati sono i seguenti: il profilo numero 2 (graduale-tangenziale) è stato riscontrato con maggiore frequenza e successivamente troviamo il profilo numero 3 (marcato-convesso), il numero 1 (graduale-convesso) e a seguire infine i profili numero 4 e 5 (marcato-tangenziale e convesso-concavo) che sono stati individuati più raramente.<sup>6</sup>

Successivamente gli studi di Meier sono stati ripresi dalla Pacific University College of Optometry, dove nell'articolo "Exploring Beyond the Corneal Borders" del 2010 è stato riproposto lo stesso studio ma con l'utilizzo di una tecnologia più recente.<sup>27</sup>

È stata infatti utilizzata la tomografia OCT per effettuare numerose acquisizioni di alcuni soggetti e anche questa volta per distinguere le zone di transizione tra cornea

e sclera, però semplicemente in graduale o marcata, ottenendo come riscontro una frequenza di circa il 50% per entrambe le classificazioni.<sup>27</sup> L'ulteriore passo avanti però in questa parte dell'esperimento è stato dato dalla successiva misurazione dell'angolo tangenziale corneale-sclerale prima tra 10mm e 15mm di corda e successivamente tra 15mm e 20mm di corda, sempre tramite l'utilizzo dell'OCT; arrivati a questo punto ciò che è maggiormente importante da tenere in considerazione riguarda il fatto che è stato constatato, dopo otto misure in otto meridiani diversi, che nella maggioranza dei 96 partecipanti di questo esperimento la forma della zona di transizione tra cornea e sclera era dritta (e non concava, come tendenzialmente si pensa) e che la forma sclerale anteriore seguiva una linea tangenziale.<sup>27</sup> Successivamente, è stato calcolato che l'angolo di tangenza medio tra i 10mm di corda corneale e i 15mm di corda sclerale è circa di 38,3° (in riferimento ad un piano orizzontale), mentre dai 15mm in poi quest'angolo varia a seconda dei meridiani, generando delle asimmetrie sclerali.<sup>27</sup> Quindi quello che è particolarmente rilevante capire in questo studio è che nell'applicazione delle lenti sclerali che arrivano fino a 15mm di diametro possiamo godere di una certa uniformità di distribuzione di superficie, mentre per quanto riguarda le lenti sclerali che possiedono un diametro che supera i 15mm allora bisogna tenere in considerazione il fatto che si inizi ad interagire con un bulbo che comincia ad essere fortemente asimmetrico e questo potrebbe necessitare di una costruzione di una lente sclerale perifericamente asimmetrica, onde evitare problemi di stabilizzazione della lente quali movimento eccessivo, inclinazione e decentramento.<sup>6,27</sup>

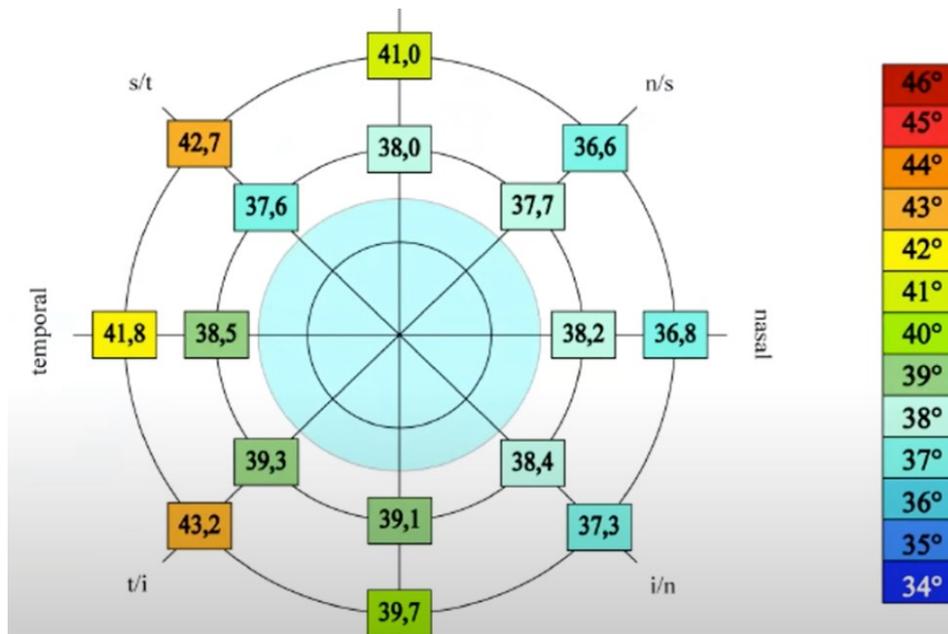


Figura 18: valori medi dell'angolo di tangenza a 10mm di corda corneale, a 15mm di corda sclerale (valore medio di 38,3°) e a 20mm di corda sclerale. Pacific University, the Scleral Shape Study.

Si nota quindi, dalla Figura 18, come questa disomogeneità di superficie, oltre ad essere rappresentata da una grande differenza dell'angolo di tangenza a 20mm di corda sclerale rispetto ai 15mm, è data anche da un'ulteriore conferma che la parte nasale della superficie sclerale dal punto di vista altimetrico presenta un andamento più piatto rispetto invece alla porzione temporale che appare più curva e più profonda (figura 19).<sup>6</sup>

Clinicamente, quindi, queste differenze potrebbero rilevarsi molto rilevanti.<sup>6</sup>

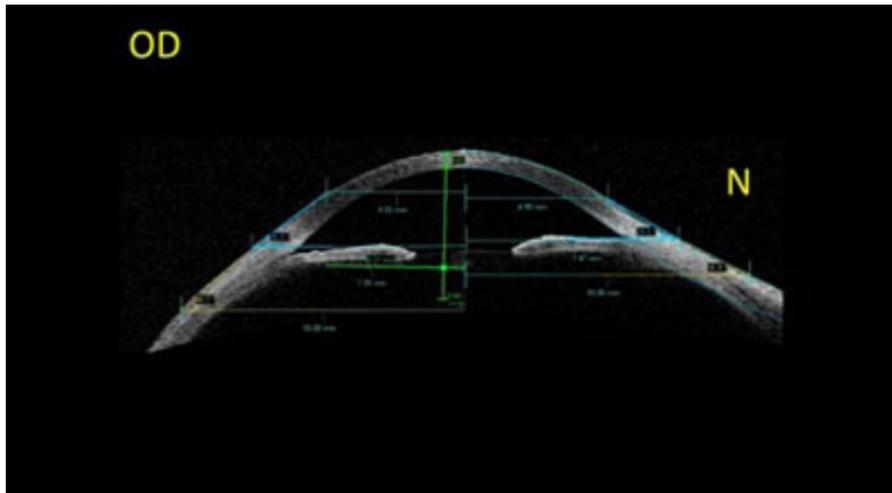


Figura 19: ulteriore conferma dell'asimmetria oculare mostrata da una sezione OCT, *Contemporary scleral lenses: theory and application*, 2017.

## 9.2 Cause applicative

Una seconda causa del decentramento di una lente sclerale potrebbe essere rappresentata proprio dall'applicazione e dai diversi metodi applicativi della lente. A tal proposito, nel 2017 è stato effettuato uno studio che, come scopo, aveva quello di quantificare, su 21 soggetti (tutti destrimani), il decentramento di una lente mini-sclerale da loro applicata solamente nell'occhio destro secondo i tre processi applicativi osservati precedentemente nel capitolo 6 (inserimento con le dita, con una ventosa normale oppure con una ventosa forata).<sup>12</sup> In questo studio il decentramento è stato valutato come differenza di posizione dal centro geometrico della lente rispetto al centro della pupilla, dove quest'ultimo è stato scelto come origine degli assi in un piano cartesiano.<sup>12</sup> Per la valutazione del decentramento sono stati tenuti in considerazione un parametro chiamato angolo  $k$ , che indica l'angolo formato dall'asse visivo e l'asse pupillare e anche la componente verticale del riflesso luminoso (Figura 20).<sup>12</sup>

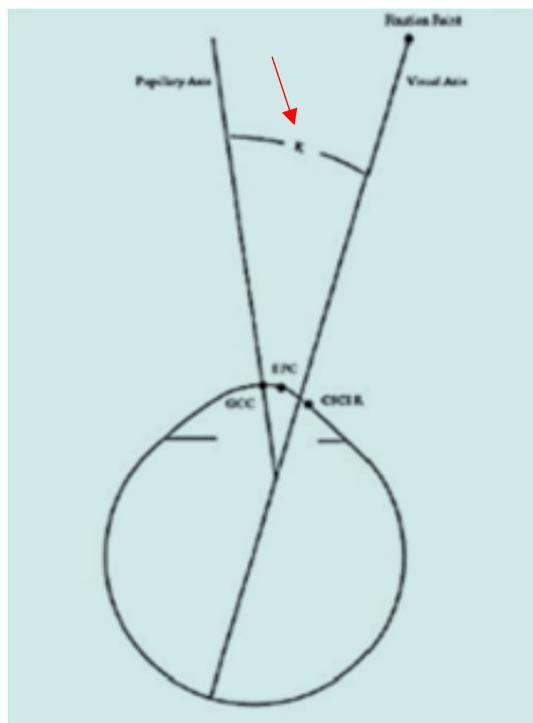


Figura 20: rappresentazione dell'angolo K.<sup>12</sup>

Il software DoubleCad XT è stato utilizzato per eseguire la misurazione (in millimetri) dei decentramenti orizzontali, verticali e obliqui della lente.<sup>12</sup> Successivamente, considerando il centro della pupilla come l'origine di un piano cartesiano, il valore di decentramento medio per ogni soggetto è stato messo a grafico.<sup>12</sup> È particolarmente interessante notare che, considerando il centro pupillare come l'origine di un piano cartesiano, in 20 casi su 21 il centro della lente si è spostato sul terzo quadrante (solamente in un caso invece si è spostato nel secondo); il che significa che la tipologia di decentramento maggiormente riscontrata in questo studio è quella inferiore-temporale (come si può notare dalle figure 21,22 e 23).<sup>12</sup>

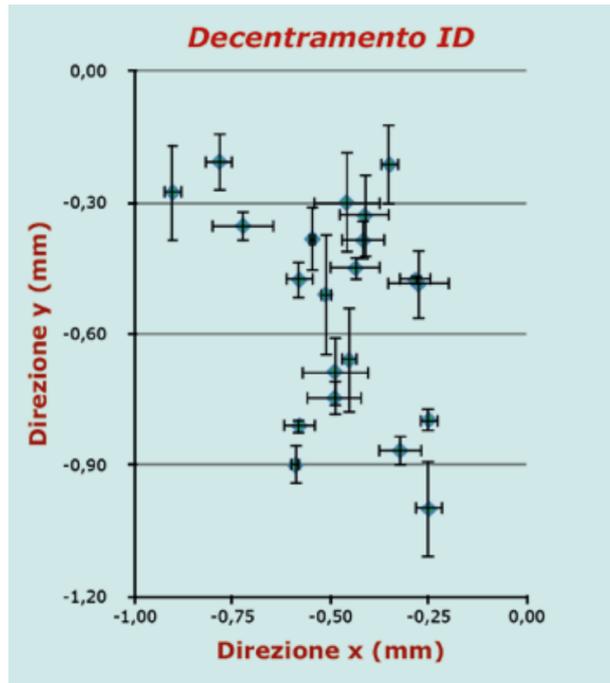


Figura 21: decentramento medio per soggetto tramite l'inserimento della lente con le dita.<sup>12</sup>

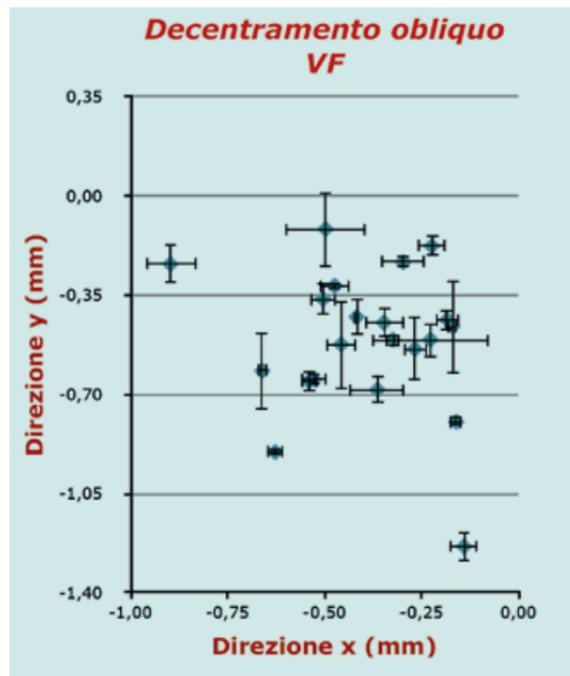


Figura 22: decentramento medio per soggetto tramite l'inserimento della lente con la ventosa forata.<sup>12</sup>

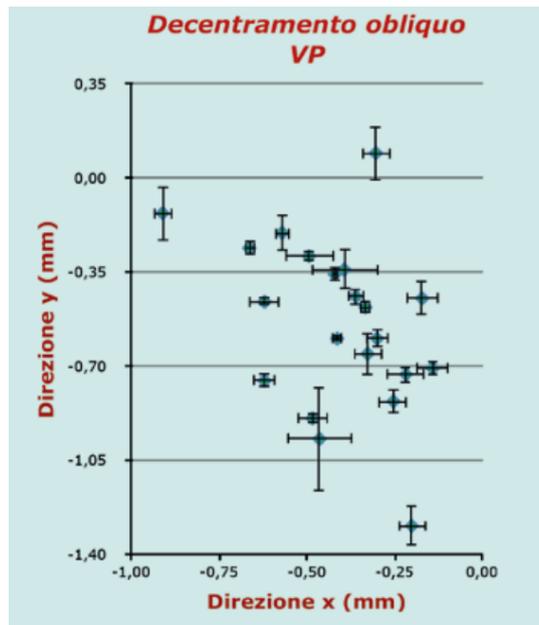


Figura 23: decentramento medio per soggetto tramite l'inserimento della lente con la ventosa normale (piena).<sup>12</sup>

Quello che è particolarmente rilevante da dedurre mediante questo esperimento è che il metodo applicativo che induce meno decentramento (orizzontale e obliquo) della lente mini-sclerale in questione è quello della ventosa forata.<sup>12</sup>

Infine, un altro importante risultato da discutere è quello che il decentramento verticale, in tutte e tre le metodologie applicative, è stato quello di maggiore rilevanza e inoltre non ci sono state delle differenze significative tra metodo e metodo, il che fa percepire che in questa direzione il decentramento possa essere indipendente dal metodo applicativo.<sup>12</sup>

Per quanto riguarda invece il decentramento orizzontale, è stato rilevato maggiormente nel metodo applicativo delle tre dita rispetto a quello delle ventose.<sup>12</sup> In questo caso una possibile spiegazione è che la ventosa, avendo la parte superiore curva, possa adattarsi meglio alla forma della lente e di conseguenza aderire tenendola maggiormente centrata e stabile rispetto alle dita di una mano che invece presentano una curvatura diversa dalla lente, non consentendo tale stabilità.<sup>12</sup>

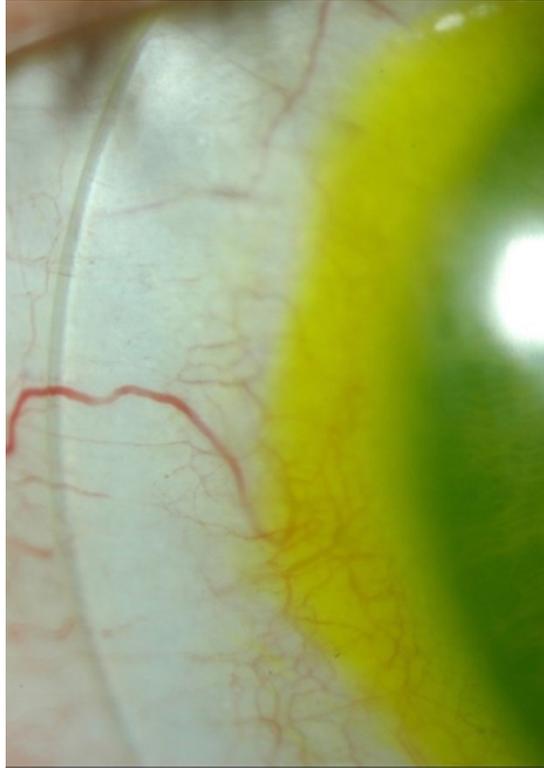
Quindi sostanzialmente, ciò che va ribadito è che nell'applicazione di una lente sclerale, si può migliorare il centraggio solamente orizzontalmente perché

verticalmente ci sono altri fattori come quelli anatomici (visti in precedenza) o geometrici (che vedremo successivamente) che vanno ad influire su di essa.<sup>1,12</sup>

### **9.3 Cause geometriche**

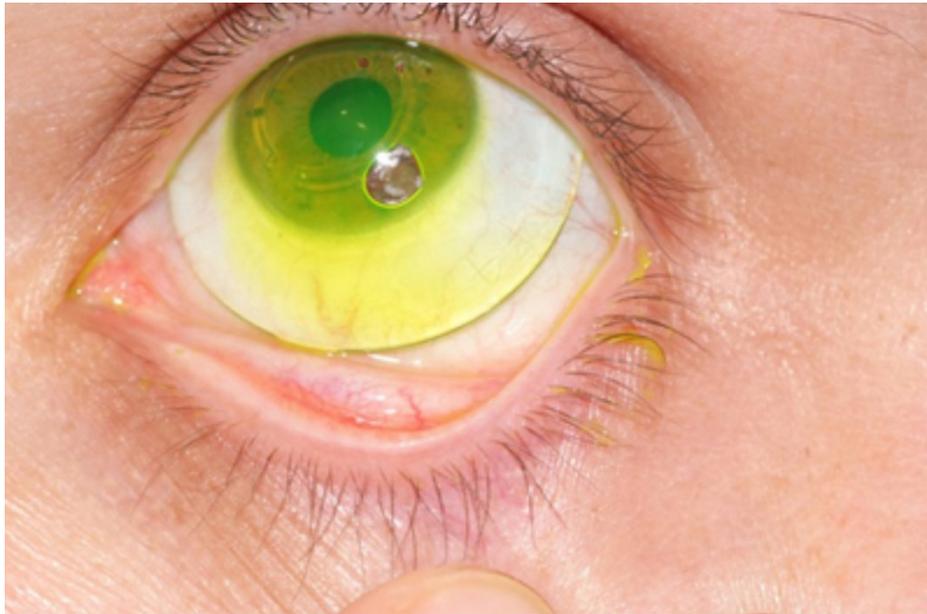
La terza e ultima causa del decentramento di una lente sclerale la si può individuare in quella che rappresenta la geometria della lente stessa; infatti, spessore della lente, peso della lente e tensione palpebrale sono alcuni elementi che possono causare uno spostamento della lente verso il basso.<sup>1</sup> A questo proposito, nel 2019 è stato svolto uno studio, su nove soggetti che presentavano una cornea normale, che aveva come obiettivo quello di studiare l'effetto dello spessore centrale e del peso di una lente sclerale sul suo centraggio, quindi di valutare l'eventuale influenza di queste caratteristiche geometriche per quanto riguarda il decentramento.<sup>28</sup> I risultati però, hanno evidenziato come la massa e lo spessore della lente abbiano influenzato in maniera molto riduttiva sul centraggio mettendo al primo posto le cause anatomiche per quanto riguarda lo spostamento orizzontale della lente e la clearance centrale iniziale per quello verticale.<sup>28</sup>

Anche la zona d'appoggio può interferire con il centraggio di una lente sclerale: se infatti risulta troppo stretta allora la lente tenderà a decentrarsi.<sup>1</sup> Questa circostanza la si può verificare usando della fluoresceina e si può notare, anche dalla figura 24, come essa si distribuisca fino alla periferia della lente.<sup>1</sup> L'inizio della zona d'appoggio quindi lo si può individuare dove il disegno fluoresceinico termina e questo può rappresentare un problema soprattutto nei casi come la figura 25, dove la zona d'appoggio non crea alcun contatto con la superficie oculare.<sup>1</sup>



*Figura 24: esempio di una lente sclerale che presenta una clearance che si estende nella sclera, oltre il limbus corneale. Contemporary scleral lenses: theory and application, 2017.*

Nel caso della figura 24, se la zona d'appoggio fosse stata più piccola in termini di dimensioni, con la stessa quantità di clearance periferica, la lente in questione sarebbe andata incontro ad una condizione di instabilità, movimento eccessivo e di conseguenza decentramento (come nel caso della figura 25).<sup>1</sup>



*Figura 25: un esempio di una lente sclerale che presenta una clearance significativa nella zona sclerale inferiore periferica. Contemporary scleral lenses: theory and application, 2017.*

La figura 25 quindi, rappresenta un caso estremo e queste situazioni vanno gestite tramite delle modificazioni degli angoli e delle curvature periferiche che, come obiettivo, hanno quello di abbassare e rendere più piatta la lente in modo tale che possa essere più allineata possibile alla superficie oculare e che possa estendere la zona d'appoggio verso il limbus.<sup>1</sup>

È molto importante quindi, sempre dal punto di vista geometrico, tenere sotto controllo la clearance della lente, perché se presente eccessivamente, in particolar modo nella zona del limbus, può far sporgere oltremisura la zona ottica e questo, di conseguenza, porta la palpebra superiore a spingere la lente verso il basso.<sup>1</sup>

## 10. Soluzioni e migliorie per il decentramento

Come in ogni problematica, anche nel caso del decentramento di una lente sclerale sono presenti delle soluzioni che possono andare a eliminarlo o comunque limitarlo. Una prima soluzione la si può ritrovare in uno studio realizzato nel 2006, dove Visser e colleghi suggerirono che le lenti sclerali con una toricità periferica possono offrire al portatore una migliore performance e un migliore comfort in relazione al tempo di stabilizzazione della lente verificato inducendo volontariamente una rotazione della lente in senso orario e antiorario di 60°. <sup>15</sup>

I risultati, confrontati con una normale lente sclerale sferica, hanno evidenziato come in tutti i 43 partecipanti dello studio la lente si stabilizzava e tornava alla posizione originale con una media di 4 secondi nasalmente mentre temporalmente con una media di 6. <sup>15</sup> Successivamente, al termine di questo studio sono state effettuate delle interviste ai partecipanti, che hanno evidenziato la loro preferenza, sia in termini di comfort e sia in termini di tempo d'utilizzo, alle lenti sclerali con geometria torica posteriore. <sup>15</sup>

Un secondo studio del 2013, sempre di Visser e colleghi, hanno valutato la soddisfazione del portatore e i risultati clinici di un nuovo design di lente sclerale, ovvero con una periferia bitangenziale (non rotazionale simmetrica), confermando che anche questa tipologia di design fornisce delle buone caratteristiche di adattamento della lente (movimento e posizione), una buona acuità visiva e soddisfazione del portatore. <sup>31</sup>

Nel commercio di lenti sclerali, al giorno d'oggi è presente una vasta gamma di geometrie, tra cui toriche, a quadrante specifico (utilizzate quando è presente una differenza anatomica nei quadranti della superficie oculare) o personalizzate (per quanto riguarda la zona d'appoggio) che possono essere impiegate per una buona stabilità; tutte queste tipologie di geometrie sono definite "non simmetriche rotazionali" e forniscono un migliore allineamento tra il tessuto congiuntivale, che ricopre la sclera, e la zona d'appoggio della lente. <sup>1</sup> Quest'ultima considerazione vale soprattutto se si sta parlando di lenti sclerali che presentano un grande diametro; infatti, come abbiamo già visto precedentemente la superficie sclerale anteriore

spesso non possiede una simmetria di rotazione e se si applicano delle lenti (a grande diametro) senza simmetria di rotazione allora verrà garantito un migliore appoggio della lente, una maggiore stabilità e un migliore centraggio di essa, oltre che una buona preservazione della salute oculare per il fatto che vengono create minori aree di pressione localizzate.<sup>6</sup>

Se presente una grande asimmetria della superficie sclerale, un'ulteriore soluzione può essere la scelta di un diametro più piccolo; infatti, in tal modo la lente appoggerà su un'area della sclera più regolare e non interferirà con quella asimmetrica, conferendo una maggiore stabilità e un miglior centraggio.<sup>1</sup>

Sempre discutendo di scelte applicative poi, è possibile risolvere anche il problema del decentramento verso il basso della lente sclerale a causa del suo eccessivo peso o di un'ipotetica spinta da parte della palpebra superiore.<sup>1</sup> In questo caso, infatti, una possibile soluzione che può trovare il professionista è quella di ridurre il peso della lente tramite delle modificazioni del suo spessore.<sup>1</sup>

Tutti questi fattori geometrici appena individuati, devono essere accompagnati da un'ottima distribuzione della clearance e da delle modificazioni di curvatura che risultino più omogenee possibili in modo tale che il comfort della lente subisca un incremento e che il decentramento di essa venga ridotto quanto più possibile.<sup>1</sup>

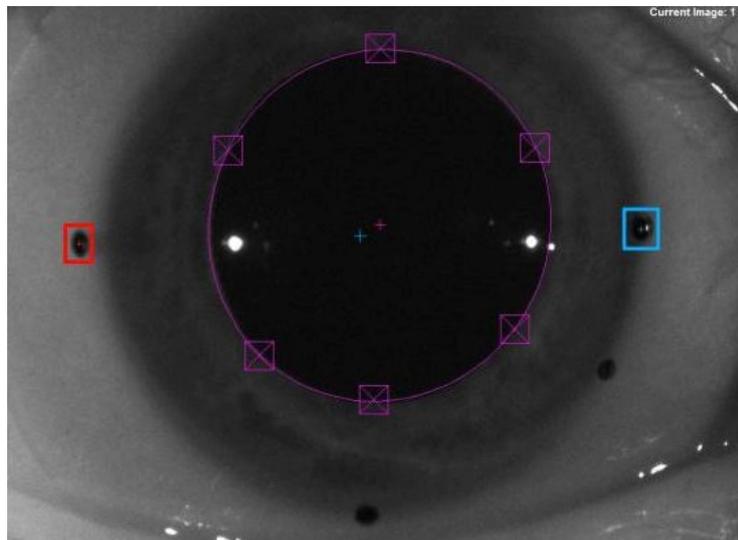
Per quanto riguarda infine le migliorie (oltre a quelle già viste) che possono essere adottate in termini di design per una migliore stabilizzazione della lente, appare molto rilevante uno studio del 2015 dove tre diversi metodi di stabilizzazione sono stati integrati nella periferia posteriore di una lente a contatto sclerale con lo scopo di quantificare la loro stabilità rotazionale e traslazionale rispetto ad una normale lente a contatto sclerale sferica priva di metodi di stabilizzazione e come secondo obiettivo quello di simulare la perdita di acuità visiva associata al movimento di ognuna delle diverse lenti.<sup>30</sup>

I quattro design delle lenti sono stati così definiti:

- 1) *Spherical lens design*, ovvero sia lente sclerale sferica (priva di metodi di stabilizzazione nella periferia);
- 2) *Deep toric lens design*, che presenta un'alterazione nella periferia posteriore definita da dei raggi ortogonali di curvatura;

- 3) *Deep toric with sinusoidal cleats*, che includeva l'integrazione di un pattern sinusoidale di ampiezza  $50\ \mu\text{m}$  che si ripete 8 volte intorno alla circonferenza della lente;
- 4) *Deep toric with blended sinusoidal cleats*, che prende come base il design precedente ma incorpora anche uno smorzamento del pattern sinusoidale verso il bordo della lente, andando a creare un profilo della lente simmetrico rotazionale sul bordo.<sup>30</sup>

Il movimento di ogni tipologia di lente è stato calcolato tramite un software personalizzato presso l'università di Houston, che ha quantificato il decentramento della lente rispetto al centro della pupilla (figura 26).<sup>30</sup>



*Figura 26: esempio di un fotogramma dei dati dell'immagine digitale utilizzati per calcolare la rotazione e la traslazione della lente a contatto sclerale. Il + raffigurato con colore blu rappresenta il centro geometrico della lente mentre il + rappresentato in viola indica il centro geometrico della pupilla.<sup>30</sup>*

I risultati hanno evidenziato come tra ogni tipologia di design incorporato alla lente non ci siano state differenze significative nella traslazione verticale e orizzontale di essa, ma è stato dimostrato anche che rispetto ad una normale geometria sferica priva di metodi di stabilizzazione, questi design riescono a limitare il decentramento in maniera migliore (figura 27 e 28).<sup>30</sup>

Per ciascun design la variazione della posizione della lente sclerale nel tempo è stata quantificata come la deviazione standard media degli errori di traslazione osservati.<sup>30</sup>

Infine, è stata rappresentata graficamente anche la perdita di acuità visiva associata al movimento della lente con i diversi design: si può notare dalla figura 29 come questa perdita sia maggiore nel caso della lente sclerale sferica e questo rappresenta un ulteriore vantaggio per quanto riguarda i design visti in precedenza.<sup>30</sup>

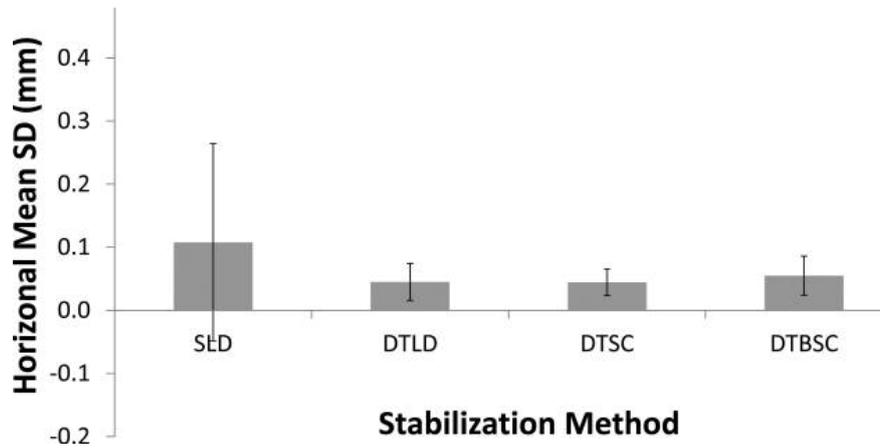


Figura 27: deviazione standard media del disallineamento orizzontale per i quattro diversi design. Quest'ultimi sono indicati con SLD, DTLD, DTSC e DTBSC che rispettivamente si traducono in spherical lens design, deep toric lens design, deep toric with sinusoidal cleats e deep toric with blended sinusoidal cleats.<sup>30</sup>

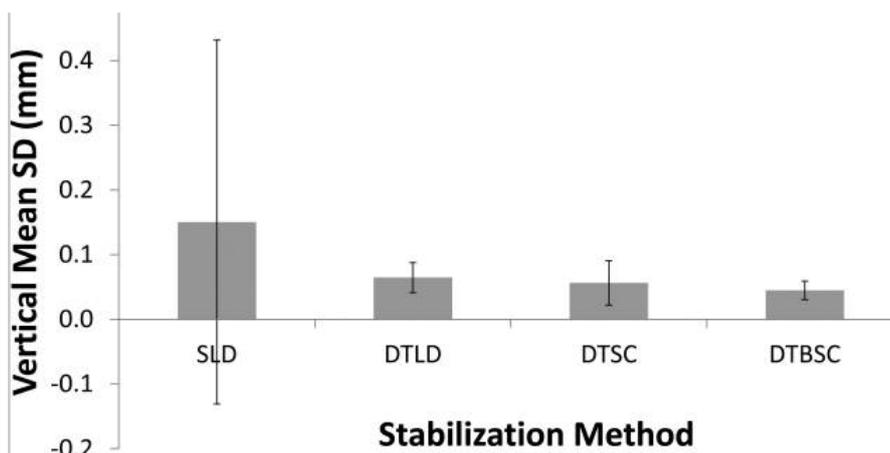


Figura 28: deviazione standard media del disallineamento verticale per i quattro diversi design.<sup>3</sup>

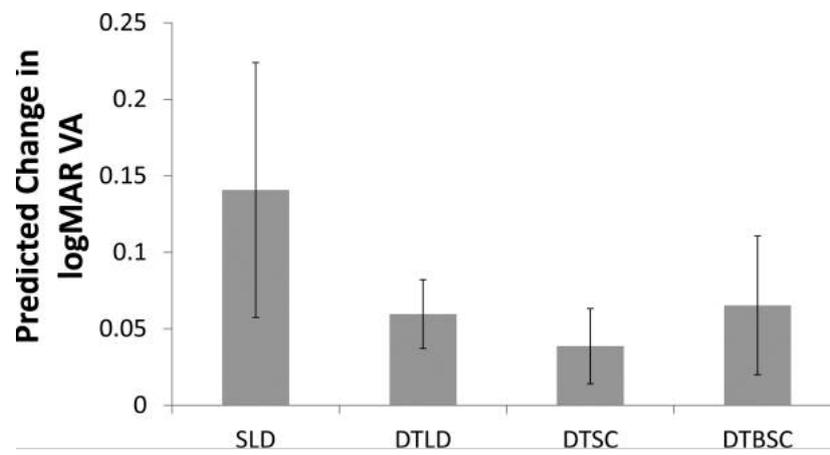


Figura 29: perdita simulata dell'acuità visiva (logMAR) associata al movimento della lente con i diversi design.<sup>30</sup>

## 11. Conclusioni

Il decentramento di una lente sclerale, ovvero lo spostamento del centro geometrico della lente rispetto all'asse visivo, è un fenomeno che spesso è sottovalutato dal professionista applicatore nonostante possa portare alla formazione di alcune problematiche che influenzano la qualità della visione e il comfort del portatore. Tra queste ritroviamo effetti prismatici indesiderati (che possono portare ad una percezione di diplopia da parte del soggetto); inclinazione della lente nota come "tilt"; induzione di aberrazioni di ordine superiore e infine, in alcuni casi ci può anche essere un'influenza sulla congiuntiva descritta come prolasso congiuntivale. Come ogni problematica, anche il decentramento di questo tipo di lente presenta delle cause che in questo caso si possono distinguere in anatomiche, applicative e geometriche dove tutte e tre secondo diversi fattori tendono a far sì che il decentramento più comune della lente sclerale sia quello inferiore-temporale. Per risolvere tale problema si è visto come siano presenti numerose soluzioni e come esse nella maggior parte dei casi dipendano dalle scelte applicative che effettua l'applicatore, soprattutto per quanto riguarda la geometria della lente. Infine, si può affermare che il mondo della contattologia è in continua evoluzione e che grazie alla realizzazione di nuovi design nel mercato e di nuovi metodi di stabilizzazione è possibile ridurre o eliminare i problemi di centraggio a cui possono andare incontro le lenti sclerali.



## Bibliografia

- (1) Barnett M., Johns LK, *Contemporary Scleral Lenses: theory and application*, Bentham Science Publishers Ltd., 2017, 739pp.
- (2) Lupi V., *Lezioni di Anatomia e Fisiopatologia oculare per studenti di optometria*, Fabiano editore, 2004, 224pp.
- (3) Rossetti A, Gheller P., *Manuale di Optometria e Contattologia*, seconda edizione, Zanichelli editore, 2004, 485pp.
- (4) Bowden T., Barnett M., *History of Scleral Lenses*, Contemporary Scleral Lenses, 2017, 1-47.
- (5) Sciacca S., *Lenti a contatto sclerali RGP*; Lampi di stampa, 2012, 136pp.
- (6) Van Der Worp E., *A Guide to Scleral Lens Fitting*, Pacific University, 2010, 77pp.
- (7) Van Der Worp E., Bornman D., Lopes D., Faria Riberio M., *Modern Scleral Contact Lenses: a review*, Elsevier Ltd., 2014.
- (8) Weiner G., *Update on Scleral Lenses*, 2018, 185:43-47.
- (9) W.A Douthwaite, *Contact Lens Optics and Lens Design*, Terza edizione, Butterworth-Heinemann, 2006, 436pp.
- (10) Fadel D., *Fenestrated scleral lenses: back to basics? Review of their advantages and adaptation techniques*, Optom Vis Sci., 2020, 97(9):807-820.
- (11) Ritzmann M., *A study of the anterior scleral shape and its role in scleral lens fitting*, Contact Lens Anterior Eye, 2017, 41(2):205-213.
- (12) Colasanto M., *Valutazione del decentramento di lenti a contatto minisclerali utilizzando diversi metodi di inserimento*, Platform Optic Professional, 2017, 10pp.
- (13) Barnett M., *CLEAR - Scleral lenses*, Contact Lens and Anterior Eye, 2021, 270-288.
- (14) DH Ren, WM Petroll, JV Jester, Ho-Fan J., Cavanagh HD, *The relationship between contact lens oxygen permeability and binding of*

*Pseudomonas aeruginosa* to human corneal epithelial cells after overnight and extended wear, *CLAO J*, 1999, 80-100.

- (15) Visser ES, Visser R, Van Lier HJ, *Advantages of toric scleral lenses*, *Optom Vis Sci.*, 2006, 83(4):233-6.
- (16) Walker M., *Scleral lens wear: Measuring inflammation in the fluid reservoir*, *Contact Lens and Anterior Eye*, 2020, 577-584.
- (17) Rosenthal P., Croteau A., *Fluid ventilated, gas-permeable scleral contact lens in an effective option for managing severe ocular surface disease and many corneal disorders that would otherwise require penetrating keratoplasty*, *Eye Contact Lens*, 2005, 31(3):130-4.
- (18) Visser ES, Visser R, Van Lier HJ, Otten HM, *Modern scleral lenses part 1: clinical features*, *Eye Contact Lens*, 2007, 33(1):13-20.
- (19) Stason WB, Razavi M, Jacobs DS, Shepard DS, Suaya JA, Johns L, *Clinical benefits of the Boston ocular surface prosthesis*, *Am J Ophthalmol*, 2010, 149(1):54-61.
- (20) Walker MK, Bergmanson JP, Miller WL, Marsack JD, Johnson LA, *Complications and fitting challenges associated with scleral contact lens: a review*, *Contact Lens Anterior Eye*, 2016, 39(2):88-96.
- (21) Carracedo G, Serramito Blanco M, Alba M., Wang Z, Rodriguez Pomar C., Pintor J., *Post-lens tear turbidity and visual quality after scleral lens wear*, *Clin Exp Optom*, 2017, 100(6):577-582.
- (22) McKinney A, Miller WL, Leach N, Polizzi C, van der Worp E, Bergmanson J., *The cause of midday visual fogging in scleral gas permeable lens wearers*, *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2013, 5483.
- (23) Pucker A., Laurent J., *Scleral Lens Complications, Recognizing and addressing pathological conditions that hinder success*, *Contact Lens Spectrum*, 2017, 24-27.
- (24) Vincent S., *Hypoxic corneal changes following eight hours of scleral contact lens wear*, *Optom Vis Sci.*, 2016, 93(3):293-9.

- (25) Salam A., Melia B., Singh AJ, *Scleral contact lenses are not optically inferior to corneal lenses*, British Journal of Ophthalmology, 2005, 89:1662-1663.
- (26) Phillips A., Speedwell L., *Contact Lenses*, Sesta edizione, 2018, 592pp.
- (27) Van Der Worp E., *Exploring Beyond the Corneal Borders*, Contact Lens Spectrum, 2010.
- (28) Kowalski LP, Collins MJ, Vincent SJ, *Scleral lens centration: the influence of centre thickness, scleral topography and apical clearance*, Contact Lens & Anterior Eye, 2019, 43(6):562-567.
- (29) Vincent SJ, *The temporal dynamics of miniscleral contact lenses: central corneal clearance and centration*, Contact Lens & Anterior Eye, 2018, 41(2):162-168.
- (30) Ticak A., Marsack JD, *A comparison of three methods to increase scleral contact lens on-eye stability*, Eye Contact Lens, 2015, 41(6):386-90.
- (31) Visser ES, Van der Linden BJ, Otten HM, *Medical applications and outcomes of bitangential scleral lenses*, Optom Vis Sci., 2013, 90(10):1078-85.